

高度処理の効率化に関する研究

下水道研究室 中村 英治
鈴木 孝
○大滝 重明

1. はじめに

本市では、下水処理水の放流先である東京湾の水質環境保全及び処理水の有効利用を図るため、都筑下水処理場、港北下水処理場に嫌気硝化内生脱窒法、神奈川下水処理場に嫌気無酸素好気法を導入、または導入を予定している。しかし、これらの方法による窒素・リン除去は、現在運転している標準活性汚泥法に比べ長い滞留時間を要するため、今後、さらに高度処理水量を増加させるには困難が予想される。本研究では、担体を用いて高度処理の効率化について検討を行ったので報告する。

2. 実験方法

本実験で用いる担体は、結合固定化担体（水に不溶性の担体に馴致運転により微生物を付着、保持させるもの）で、その形状は、スポンジ状のサイコロ型で寸法は約15×12×12mm、材質はポリウレタンフォームである。本実験の処理フロー及び運転条件をそれぞれ図1、表1に示す。中部下水処理場の沈後水を約1 m³の

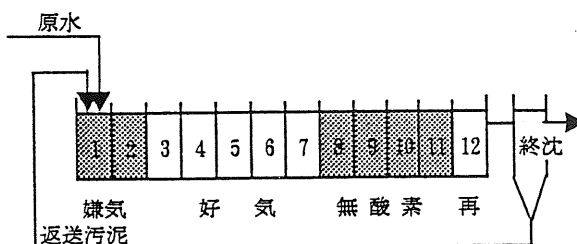


図-1 パイロットプラント処理フロー

パイロットプラントに導水し、嫌気硝化内生脱窒のフローで連続運転を行った。パイロットプラントは隔壁を用いて

表-1 運転条件

		滞留時間 (hr)				合計	水温 (°C)	MLSS mg/L	返送率 %	DO mg/L	担体投入率 (%)	A-SRT (日)
		嫌気槽	好気槽	酸素槽	再曝気槽							
RUN1	実験系	1.7	4.2	3.3	0.8	10	16.3	2110	50	3	30	7
	対照系	1.7	4.2	3.3	0.8	10	16.3	2150	50	2	-	8
RUN2	実験系	1.3	3.3	2.7	0.7	8	14.7	2160	50	3	30	7
	対照系	1.3	3.3	2.7	0.7	8	14.7	2100	50	2	-	8

実験期間 RUN1 : 97/11/20~97/12/19 RUN2 : 98/1/19~98/2/13
担体投入率は見かけ容積に対する%である

反応槽を1
2分割して
おり、これ
により嫌気
槽（第1、
2槽）、好気槽（第3~7槽）、無酸素槽（第8~11槽）、再曝気槽（第12槽）に槽割りをを行った。本実験では、結合固定化担体を好気槽（第3~7槽）に投入する実験系と投入しない対照系の2系列をもちいて担体投入の効果について検討を行った。水温は冬季の運転を想定し15℃を管理目標とした。なお、目標水質はT-N=10 mg/ℓ以下、T-P=0.5 mg/ℓ以下に設定した。

3. 結果及び考察

(1) 処理実績

表2にRUN1, RUN2で得られた処理水質の結果を示す。RUN1では、リンを除き、実験系・対照系ともに安定的に良好な処理結果が得られた。担体投入による差異はほとんど認められなかった。RUN2ではリンを除くほとんどの項目で、実験系よりも対照系のほうが良好な処理結果が得られた。両RUNをとおしてリンは目標水質には至らなかった。

表-2 実験結果

項目	RUN1			RUN2		
	原水	実験系	対照系	原水	実験系	対照系
BOD	102.4	0.9(99)	1.4(99)	92.3	8.4(91)	2.3(98)
COD	48.5	6.6(86)	6.4(87)	44.3	7.4(83)	7.4(83)
SS	62.8	1.7(97)	2.0(97)	60.4	2.7(96)	2.0(97)
T-N	27.4	8.6(69)	8.8(68)	26.0	12.3(53)	10.3(60)
NH4-N	15.9	0.5(97)	0.5(97)	16.7	7.3(56)	1.1(94)
NO2-N	0	0.04	0.05	0	0.35	0.15
NO3-N	0.06	7.8	7.7	0.06	3.4	8.5
T-P	3.2	1.3(60)	1.0(69)	3.0	1.5(51)	1.7(41)
大腸菌群数	220,000	1400	520	285,000	2200	780

値は平均値、単位はmg/L、()内は除去率%
大腸菌群数は個/ml

(2) 窒素除去について

図2, 3にRUN1における代表的な窒素の挙動を示す。RUN1では両系列ともに好気槽である3~

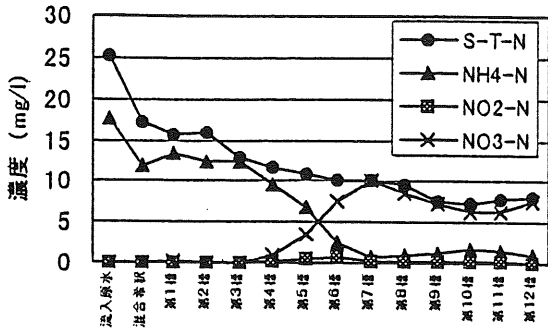


図-2 反応槽内の窒素の挙動(実験系)

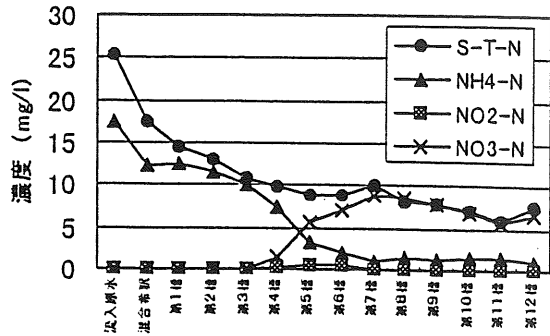


図-3 反応槽内の窒素の挙動(対照系)

7槽目でアンモニア性窒素が1mg/l程度まで硝化され、無酸素槽である8~11槽目で脱窒が進行し、溶解性T-Nで8mg/l程度となっている。

図4に回分試験より求めた活性汚泥の硝化速度定数の経日変化を示す。馴致期間を含め硝化速度定数は(15℃において0.9~3.1 (mg-N/g-SS・hr)であった。)同じような挙動を示し、担体投入により活性汚泥自体の硝化速度定数が影響を受けているような傾向はみられなかった。図5に回分試験より求めた担体自体の硝化速度を示した。この図より、硝化速度の速い7槽目の担体は10~16 (mg-N/l-担体・hr)、遅い3槽目の担体は2.7~4.0 (mg-N/l-担体・hr)と各反応槽ごとに担体の能力がかなり異なる

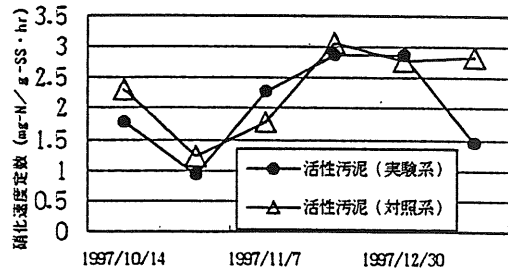


図-4 活性汚泥の硝化速度定数の経日変化

っていることがわかる。また、図中の●, ○は活性汚泥の容積あたりの硝化速度であり、3, 4槽目の担体の硝化速度は常に活性汚泥を下回っていることが

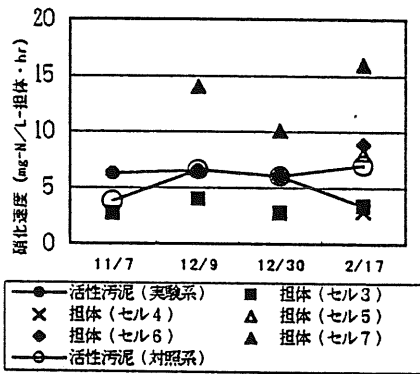


図-5 担体自体の硝化能力

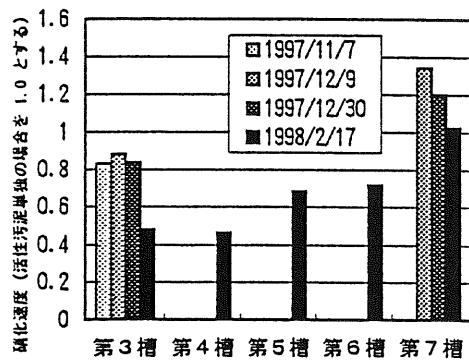


図-6 各反応槽(活性汚泥+担体)の硝化速度

わかる。今回の実験では、各反応槽を隔壁とスクリーンによって仕切り、各槽間の担体の移動を無くしたため、前段の方の担体は常に高いBODにさらされ、後段の担体にはほとんどBOD負荷がかからない(図7)。その結果、各槽の担体に保持される生物相にも違いが生じ、前段の方の担体は主にBODの酸化、後段の方の担体は硝化と役割が異なっていたものと考えられる。外観も、7槽目の担体が焦げ茶色なのに対し、4~6槽目は茶色、3槽目は白っぽく、明らかな相違があっ

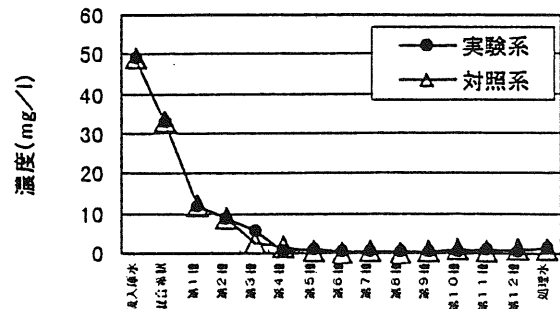


図-7 各槽におけるS-BODの挙動

た。図6は担体投入の効果を把握するために、同一調査日における（調子の良い方の系列の）活性汚泥の（容積当たりの）硝化速度を1.0とした場合の各反応槽における相対的な硝化速度を示したものである。

4回の回分試験を通じて1.0を越えているのは7槽目だけであった。これらのことより、3、4槽目の担体は硝化能力が低く、7槽目の能力は高いが、好気槽全体としては活性汚泥に劣っていることがうかがえる。図8にアンモニア性窒素の経日変化を示す。RUN2（98/1/12以降）では硝化能力に余裕のない実験系の方で残存するアンモニア性窒素がしだいに増加していった。各槽の代表的なS-BODの挙動を図7

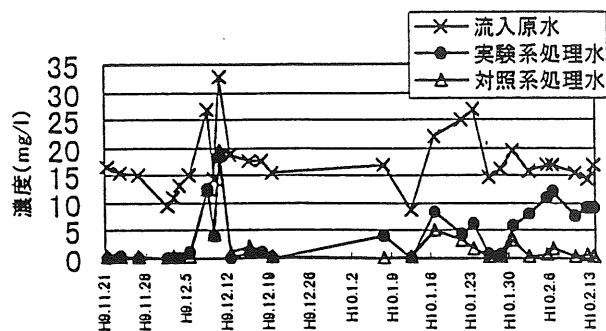


図-8 アンモニア性窒素の経日変化

に示す。S-BODはほとんど1~4槽目までで除去され、無酸素槽である8~11槽目への有機物の供給は非常に少なかった。また、BODの消費もほとんどなかった。反応タンク各槽の濃度データより求めた脱窒速度定数の経日変化を図9に示す。両系列とも似たような挙動を示した。実験系の好気槽には担体が入っており、活性汚泥に対するBOD-SS負荷が実際には対象系とは違ってくるため、（内生）脱窒になんらかの影響があるものと思われたが特に傾向はつかめなかった。

(3) リン除去について

担体投入に起因するとおもわれる差はなかった。リンは、ほとんど目標水質を満たすことができなかった（表2）。原因としては、原水である沈後水の有機物濃度が低いこと、沈後水を一旦貯留タンク内で12時間程度攪拌するためDOが持ち込まれやすいこと、返送汚泥からの硝酸性窒素の流入、隣接する好気槽からの逆流によるDOの持ち込み等が考えられる。しかし、同程度の有機物濃度でもT-P=1.0 mg/l以下程度になっている事例は数多くあること、嫌気槽のORPは-200~-400mVを維持できたこと、返送汚泥中の硝酸性窒素が0.1mg/l以下になっても僅かしかリン除去の効果は上がらなかったことから、はっきりと原因を特定することはできなかった。

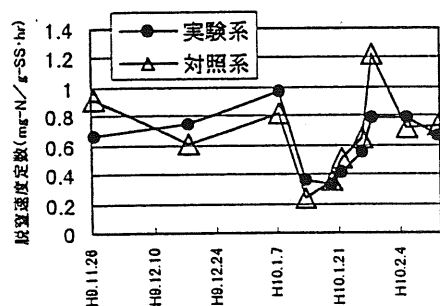


図-9 脱窒速度定数の経日変化

4. おわりに

実験当初は、反応槽間を担体が移動しなくても、逆に各反応槽の担体ごとに負荷に応じた最適な生物相が形成され、より処理が効率化するものと期待したが、実際にはうまくいかなかった。実験期間中、3槽目の担体は白っぽくふわふわしたもの（検鏡の結果エписチリスであった。）に表面を覆われていた。担体の内部と外部との物質交換もほとんどなかったようである。負荷が上がったRUN2の途中から4槽目の担体も次第に白っぽくなりその時期（1月末以降、図8）からから急速に処理が悪化し、復帰もしなかった。また、後段の担体は回分試験時の能力は高いが、実際の反応槽においてはアンモニア性窒素濃度は後段ほど低く、活性汚泥のみで処理できる程度である。そのため、実際の硝化に担体がどれだけ関与していたかわからない。また、逆に負荷が軽すぎると、活性汚泥との競合により担体に保持されている硝化菌へのアンモニア性窒素の供給が不十分になり、担体が能力を発揮しづらくなる可能性も考えられる。したがって、今回もちいたような担体は、負荷に過不足が生じないように担体を循環させる方が有利であり、硝化内生脱窒法への適用よりも循環法への適用の方が妥当であろうと考えられる。